



铀矿冶
Uranium Mining and Metallurgy
ISSN 1000-8063, CN 11-1969/TL

《铀矿冶》网络首发论文

题目: 地球物理测井在准噶尔盆地车排子地区铀矿勘查中的应用
作者: 陈放, 胡志伟, 毛广振, 张树新, 杨彦波
DOI: 10.13426/j.cnki.yky.2025.04.12
收稿日期: 2025-04-18
网络首发日期: 2025-07-16
引用格式: 陈放, 胡志伟, 毛广振, 张树新, 杨彦波. 地球物理测井在准噶尔盆地车排子地区铀矿勘查中的应用[J/OL]. 铀矿冶.
<https://doi.org/10.13426/j.cnki.yky.2025.04.12>



网络首发: 在编辑部工作流程中, 稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定, 且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式 (包括网络呈现版式) 排版后的稿件, 可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定; 学术研究成果具有创新性、科学性和先进性, 符合编辑部对刊文的录用要求, 不存在学术不端行为及其他侵权行为; 稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准, 正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性, 录用定稿一经发布, 不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容, 只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认: 纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊 (光盘版)》电子杂志社有限公司签约, 在《中国学术期刊 (网络版)》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版, 以单篇或整期出版形式, 在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊 (网络版)》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物 (ISSN 2096-4188, CN 11-6037/Z), 所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

地球物理测井在准噶尔盆地车排子地区铀矿勘查中的应用

陈放^{1,2}, 胡志伟^{1,2}, 毛广振^{1,2}, 张树新^{1,2}, 杨彦波^{1,2}

(1.核工业二一六大队, 新疆 乌鲁木齐 830011;

2.新疆中和聚石矿业有限责任公司, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: 将多种常用的地球物理测井方法应用于准噶尔盆地车排子地区铀矿找矿工作中, 从采用的测井仪器及技术方法展开研究, 通过 γ 测井结果统计分析研究区内不同层位、不同地段 γ 照射剂量率本底值, 确定了沙湾组、塔西河组及吐谷鲁群等找矿有利层位, 128团地段及其北面、西南面均为找矿有利地段。通过地球物理测井参数综合研究解释精确划分钻孔地层岩性, 根据自然电位曲线异常响应揭示钻井液及地层水矿化度的相对关系, 结合视电阻率曲线分析得出目的层沙湾组地层水矿化度偏高的地球化学特征; 沙湾组高矿化度地层水有利于油气成藏, 后期油气运移则为铀还原富集成矿提供有利条件。总体上地球物理测井在车排子地区应用效果良好, 有助于该地区铀成矿分析及铀矿找矿工作开展。

关键词: 地球物理测井; γ 测井; 砂岩型铀矿; 矿化度; 准噶尔盆地

中图分类号: TL2; P631; P619 **文献标志码:** A

DOI: 10.13426/j.cnki.yky.2025.04.12

Application of Geophysical Logging for Uranium Exploration in Chepaizi Area, Junggar Basin

CHEN Fang^{1,2}, HU Zhiwei^{1,2}, MAO Guangzhen^{1,2}, ZHANG Shuxin^{1,2}, YANG Yanbo^{1,2}

(1.Geologic Party No. 216, CNNC, Urumqi 830011, China

2.Xinjiang Zhonghe Jushi Mining Co., Ltd., Urumqi 830011, China)

Abstract: Uranium resources are strategic mineral resources in China, and geophysical logging plays a crucial role in sandstone type uranium exploration. This study applies various commonly used geophysical logging methods to prospect for uranium in the Chepaizi area of the Junggar Basin. Beginning with the logging instruments and methods, we determine favorable prospecting horizons within the Shawan Formation, Taxihe Formation, and Tuguru Group through statistical analysis of gamma logging result and radioactive background value across different strata and sections within the study area. The 128 Regiment section, as well as its north and southwest parts, are identified as favorable areas for prospecting. Additionally, comprehensive study and interpretation of geophysical logging parameters accurately divide borehole lithology. Abnormal responses from SP curves suggest a relative relationship between drilling fluid and formation water salinity. When combined with apparent resistivity curve analysis, geochemical characteristics of high-salinity formation water within the Shawan Formation target layer are obtained. High-salinity water of Shawan Formation is conducive to oil and gas accumulation, and their migration provide favorable conditions for uranium reduction enrichment and mineralization. Overall, the application of geophysical logging in Chepaizi area proves beneficial for uranium metallogenic analysis and prospecting in this area.

Key words: geophysical logging; gamma logging; sandstone type uranium deposit; salinity; Junggar Basin

铀资源是核工业发展的“粮食”, 是保障中国核能发展的物质基础^[1]。地球物理测井是铀矿地质勘查的主要技术手段, 通过测井仪器观测、记录钻孔内地层岩石的各项参数, 以达到解决多种地质找矿问题的目的。包含多参数测量的地球物理综合测井于1991年被应用于地浸砂岩型铀矿勘查

收稿日期: 2025-04-18

基金项目: 新疆维吾尔自治区重大科技专项(2024A0303-4, 准噶尔盆地铀成矿带勘查技术体系优选与勘查增储示范研究); 中国核工业地质局项目(202206, 新疆准噶尔盆地铀矿资源调查评价与勘查)。

第一作者简介: 陈放(1996—), 男, 江西萍乡人, 学士, 工程师, 主要从事铀矿地球物理测井、铀矿地质及相关研究工作。

工作中,使用的综合测井仪器经历了更新换代,主要有 TYSG-3Q 型、JBS-1 型、HD-4002 型以及 JHQ-2D 型综合数控测井系统等^[2]。

在准噶尔盆地西部车排子地区,砂岩型铀矿资源的调查评价是以层间氧化带叠加油气还原复合成因型铀成矿找矿模式为指导^[3-5]。采用 JHQ-2D 型测井系统进行地球物理测井是本研究的重要工作之一,主要开展 γ 、自然伽马、视电阻率、自然电位井径、声波、密度、井温和井斜等 9 项参数的测量。自 2009 年以来,前人在研究区内施工了 14 个钻孔,开展了地球物理测井铀矿找矿工作,仅在泥岩及泥质砂岩中发现铀异常和偏高^[6-10];但该阶段针对砂岩型铀矿进行的查证和评价工作较少,且砂岩型铀矿地球物理测井研究工作处于空白阶段。本研究尝试将砂岩型铀矿地球物理测井参数进行综合解释研究,精确划分研究区钻孔内岩性及地层,通过 γ 测井解释及放射性本底值分析结果预测研究区铀矿找矿有利层位及地段,详细研究区内视电阻率曲线及自然电位曲线异常响应,分析目的层钻井液及地层水矿化度的相对关系,进而讨论其与油气成藏和铀矿富集之间的联系,为准噶尔盆地车排子地区铀矿找矿工作提供有利线索。

1 地质概况

工作区位于准噶尔盆地西部车排子凸起,凸起西北为扎伊尔山,西南为四棵树凹陷,东部与红车断裂带相接。车排子凸起南北长 100 km,东西宽 20~95 km,主体呈北西-南东至东西走向^[11]。工作区钻孔内揭露的老地层多为石炭系,中-新生界主要有白垩系吐谷鲁群,古近系安集海河组,新近系沙湾组、塔西河组、独山子组及第四系,主要产铀层位为沙湾组和塔西河组,其中沙湾组自下而上分为沙湾组第一段、沙湾组第二段和沙湾组第三段^[12]。沙湾组第一段可进一步细分为 3 个砂组:1 砂组、2 砂组、3 砂组,其中 3 砂组为主要铀矿找矿目标层,2 砂组、3 砂组为主要产油层。

2 地球物理测井仪器及技术方法

JHQ-2D 型综合数控测井系统是结合中国砂岩型铀矿找矿工作需求开发出的新一代数字测井设备。该系统主要由绞车、地面仪器及井下仪器组成。井下仪器多为组合探管,单支组合探管可测量多项参数,设备总体可靠性好、稳定性强,具有适用性高且操作维护简单等特点^[13]。

2.1 γ 测井、自然电位测井、井温测井、井斜测井

本工作的 γ 测井、自然电位测井、井温测井、井斜测井由 JXWD-3019 型组合探管进行测量。

γ 测井主要测定岩(矿)石 γ 照射量率强度, γ 测井所得计数率经计算可确定钻孔内铀矿层起止深度、品位和厚度,为地浸砂岩型铀矿储量计算提供依据^[14-15]。 γ 测井仪器每月经 6 号镭源校验一次,每次测井前后用 ^{137}Cs 工作源检查仪器的长期稳定性,使用的每台仪器均做“三性”检查。 γ 测井测量方式为上采连续测井,为保证仪器安全性及稳定性,测井仪下放时速度不应大于 20 m/min。在上采测量时,非放射性异常段的测量速度应不大于 4 m/min;放射性异常段的测量速度应不大于 2 m/min。 γ 测井定量解释采用五点式反褶积法,其计算公式^[16]为

$$q_i = \frac{I_i}{K} - \frac{1}{12k(\alpha \cdot h^2)}(-I_{i-2} + 16I_{i-1} - 30I_i + 16I_{i+1} - I_{i+2})$$

式中: q_i —第 i 个单元层的铀含量,%; I_i —测点 i 的 γ 照射量率值, nC/(kg·h); K —仪器检定时确认的照射量率换算系数值, (nC·s)/(kg·h); α —特征参数,与探头结构、钻孔条件和地层环境参数有关; h —单元层厚度, m。

自然电位测井是划分砂泥岩的主要方法之一,测量方式为上采连续测井。钻孔实测曲线中泥岩自然电位曲线一般较稳定,无异常偏转,故泥岩段自然电位曲线被称为“泥岩基线”。相对于泥岩基线,渗透性砂岩的自然电位曲线一般偏离泥岩基线,偏离方向取决于地层水和钻井液滤液的相对矿化度,当地层水矿化度比钻井液矿化度大时,渗透性砂岩自然电位曲线呈负异常;当地层水矿化度比钻井液矿化度小时,曲线呈正异常^[17]。

井温测井是记录钻孔内温度随深度变化的曲线,是可用来寻找矿产和检查钻孔技术状况。井温测井为下采连续测量,测温期间不得循环井液。地浸砂岩型铀矿中井温测井可了解地层温度变化和地温梯度,在正常状态下,地温与深度成线性关系,其斜率为地温梯度;当有流体涌入或涌出钻孔

时,原始地温受到扰动,井温曲线出现局部高温或低温异常,地温梯度发生相应改变。

井斜测量主要通过测量顶角和井斜方位角来计算钻孔弯曲度。井斜测井方式为上采连续测量,井斜计算控制点距为 20 m。由于在钻井施工中孔内情况存在未知性,地层情况异常、钻探施工工艺不当均会导致井眼偏离设计轨迹,而井斜测量结果可评价钻孔质量,为钻探工艺改进提供参考。在地浸砂岩型铀矿中,高精度的井斜测井结果可计算矿层揭穿点坐标,为储量计算提供依据。

2.2 视电阻率、自然伽马、密度、井径测井

本工作视电阻率测井、自然伽马测井、密度测井、井径测井由 JMZ-2D 组合探管测量。

视电阻率测井工作使用三电极侧向视电阻率测井仪,侧向测井又称聚焦测井。与普通电阻率测井不同,侧向测井的屏蔽电极能降低测量时钻井液及围岩对视电阻率的影响,使用三电极侧向视电阻率测井所得结果接近地层真电阻率^[18]。通常情况下,砂岩视电阻率明显高于泥岩视电阻率,且视电阻率随砂岩粒级的增加而增高,因此依据视电阻率可有效识别砾岩、砂砾岩、粗砂岩、中砂岩、细砂岩、粉砂岩、泥岩。此外视电阻率与岩石胶结成分及程度、岩石孔隙度、泥质含量、地层水矿化度相关,故进行岩性划分时应综合考虑其他测井参数和环境因素^[19]。

自然伽马测井是记录地层中自然伽马射线强度的测井技术方法,综合自然伽马曲线与自然电位曲线能很好地划分岩性和确定渗透性地层。在砂岩型铀矿测井工作中,常见沉积岩自然伽马放射性具有明显规律,一般泥质含量越高自然放射性越强,这是由于泥质颗粒细小,比表面积较大,对放射性物质具有强吸附能力,随着长时间的沉积,泥质含量高的岩石放射性高于泥质含量低的岩石。此外,自然伽马测井与定量 γ 测井结果可进行对比,有利于组合探管各参数深度对齐。

密度测井是基于 γ 射线通过物质时的康普顿效应。测井时, ^{137}Cs 放射源通过发射窗口向地层发射 γ 射线,与地层发生一次或多次康普顿散射的 γ 射线被探测器晶体俘获并发生光电效应,产生电信号;电信号经过放大处理和记录,计算出密度。岩性越致密、坚硬,其密度一般越高;含砾石成分多、含钙质胶结的岩石,密度较大;对于疏松的、有机质含量高的岩石,密度较小。当岩性成分相同时,密度与岩石的孔隙度成反比,孔隙度小的岩石密度大,反之则密度小。

井径测井严格意义上讲不属于地球物理测井,井径参数是钻探工艺的技术指标之一,而非地球物理参数。在砂岩型地球物理测井工作中,井径曲线的变化与岩性直接相关。井径测井结果可直接反映井眼直径变化,亦可用来帮助划分岩性。在可地浸砂岩型铀矿中,井径是 γ 测井解释的重要参数之一,井径可用来划分泥岩、砂岩;也可用来确定孔内冲洗液厚度,计算冲洗液对 γ 射线的吸收系数。

2.3 声波测井

声波测井由 JSS-3 型声速声幅测井探管测量,测量结果可判断识别地层,计算地层孔隙度^[20]。一般而言,声波速度随岩石密度增大而增大;相同岩性的沉积岩密度随着孔隙度的增大而减小;相同岩性的沉积岩声波速度随着孔隙度增大而减小;地层埋藏深,声波传播速度大;地层埋藏浅,声波传播速度小。声波在岩石介质传播过程中,声波能量衰减会使声波幅度逐渐减小,这种声波幅度衰减与岩石密度及声波频率相关,岩石密度小,声速低,声波频率高,声波幅度衰减大,探管接收的声波幅度小,反之测得的声波幅度大。

3 测井综合解释及应用

本研究针对车排子地区近两年施工的 45 个钻孔进行 γ 测井数据统计及地球物理测井参数综合解释。 γ 测井数据统计分析了工作区内不同层位及不同地段的 γ 照射量率本底值,通过确定高放射性本底值赋存的地层及地段,分析铀元素富集程度及规律,为车排子地区铀矿找矿提供可靠的找矿线索。地球物理测井参数综合研究一方面进行岩性综合解释,通过识别钻孔地层中不同岩性的参数特征响应值,对钻孔进行了较为精确的岩性划分^[21];另一方面通过研究视电阻率曲线及自然电位曲线等参数的异常响应,分析钻孔内井液矿化度及地层水矿化度的关系,反映地层水部分地球化学特征,对工作区铀矿找矿工作有一定指示意义。

3.1 γ 测井数据解释分析

依据工作区内钻孔定量 γ 测井结果,统计了独山子组、塔西河组、沙湾组3段、沙湾组2段及沙湾组1段(3砂组、2砂组、1砂组)及吐谷鲁群的放射性本底值。本工作 γ 测井数据测点间距为0.05 m,为避免放射性异常段高值对放射性本底值影响,剔除了照射量率大于5 nC/(kg·h)的测点,统计结果见图1。可以看出,塔西河组、沙湾组1段3砂组及吐谷鲁群放射性本底值高于其他层位,其中塔西河组放射性本底值最高,沙湾组1段3砂组和吐谷鲁群次之;认为新近系塔西河组、沙湾组1段3砂组及白垩系吐谷鲁群铀源条件较好,铀矿找矿潜力较大。当前工作区沙湾组已揭露铀工业矿孔,塔西河组揭露低平米铀量孔,受限于钻探深度,未能对吐谷鲁群赋矿性进行有效查证,暂未揭露吐谷鲁群铀矿化或铀异常;但从已揭露吐谷鲁群地层放射性本底值统计情况看,该层位与沙湾组1段3砂组相近的高本底值说明其具备一定的铀矿找矿潜力。

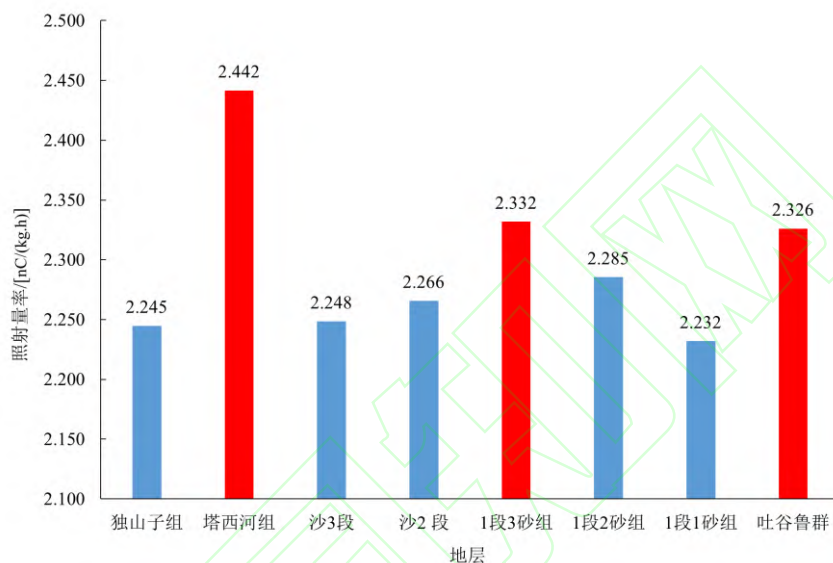
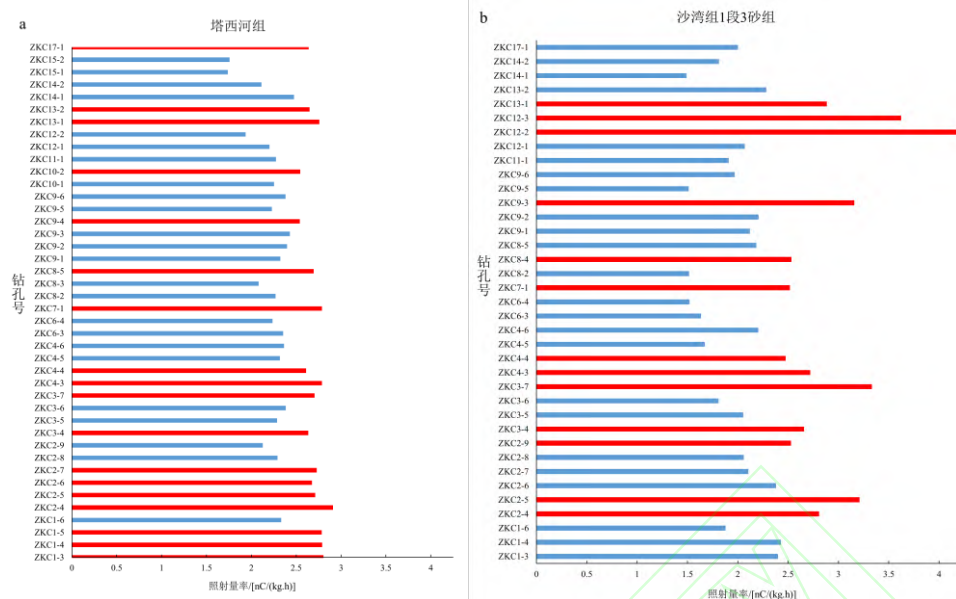
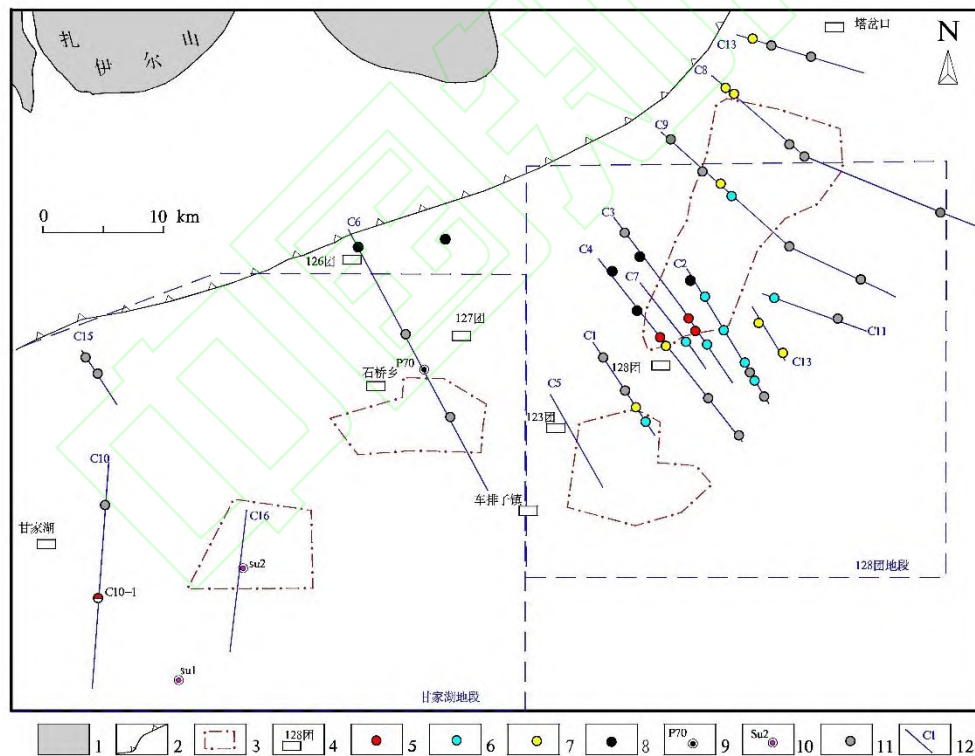


图1 车排子地区 γ 照射量率本底值统计

Fig. 1 Statistics of γ radiation dose rate background values in the Chepaizi Area

除对比分析各层位放射性本底值外,笔者进一步对塔西河组及沙湾组1段3砂组放射性本底值进行分析(图2a、图2b)。从不同勘探线看,塔西河组、沙湾组高本底值地段基本重合,主要集中在工作区内的128团地段(图3)。如C2号、C3号、C4号、C7号、C13号勘探线多数钻孔目的层位表现为高本底值,且当前工业矿孔均揭露于此。此外,北东延至C8号、C9号勘探线目的层位放射性本底值均有偏高现象,认为车排子地区128团地段铀富集程度高,为塔西河组及沙湾组找矿最有利地段。128团地段西南面的甘家湖地段C10号勘探线亦有塔西河组放射性本底偏高现象,铀源条件相对较好,且当前已揭露到低平米铀量钻孔一处,故从128团沿西南向的古氧化带前锋线延至C10号勘探线处,塔西河组均有较好的找矿潜力;而甘家湖地段C6号、C15号勘探线目的层放射性本底值未见偏高现象,钻探查证未见铀异常现象,推测甘家湖地段北部非有利铀矿找矿地段。塔岔口地段布设的C12号勘探线,沙湾组1段3砂组表现为高放射性本底,反映铀富集程度相对较高,且该勘探线亦有沙湾组铀放射性异常孔揭露,推测128团地段北延至塔岔口地段均为沙湾组有利找矿地段。

图2 不同层位 γ 照射量率本底值统计对比Fig. 2 Statistics of γ radiation dose rate background values in different layers

1—古生界；2—剥蚀边界；3—沙湾组油藏范围；4—主要地名；5—工业矿孔；6—矿化孔；7—异常孔；8—前人施工钻孔及编号；9—石油钻孔及编号；10—铀异常石油孔及编号；11—往年施工钻孔及编号；12—勘探线及编号。

图3 车排子地区钻孔部署

Fig. 3 Borehole location of the Chepaizi area

3.2 地球物理测井综合解释

3.2.1 岩性综合解释

当前工作程度下, 工作区各地层测井曲线变化特征已形成一定规律, 具备通过测井曲线进行岩性解释及地层划分的条件。区内岩性解释以三侧向视电阻率参数为主要参数, 参考自然伽马、井径及自然电位曲线划分砂泥岩, 参考密度、声波时差曲线进行钙质胶结等特殊蚀变现象识别。

以车排子地区 ZKC1-4 沙湾组 670~690 m (图 4) 为例, 在泥岩段, 泥岩段井径略大于砂岩段井径, 视电阻率明显偏低、放射性本底高、自然电位较稳定、无异常偏转。车排子地区沙湾组砂岩段视电阻率高于泥岩段视电阻率, 但整体偏低; 视电阻率随岩石泥质含量的增加而降低, 随着砂岩粒度的增大而升高 (如粗砂岩视电阻率高于细砂岩视电阻率)。车排子地区沙湾组砂岩段自然电位曲线表现为明显的负异常, 当砂岩电阻率高值特征响应不明显时, 可利用自然电位曲线划分渗透性砂岩地层; 对于存在特殊蚀变的岩芯段, 如 684 m 处钙质粗砂岩测井响应特征主要表现为视电阻率和密度异常增大, 由于钙质胶结导致岩性致密, 声波时差表现为明显低值。通过对工作区内钻孔进行综合岩性解释, 对比地质编录成果发现两者对应关系较好, 故车排子地区地球物理测井综合解释成果可靠, 便于无岩芯段研究, 有利于开展铀矿找矿研究工作。

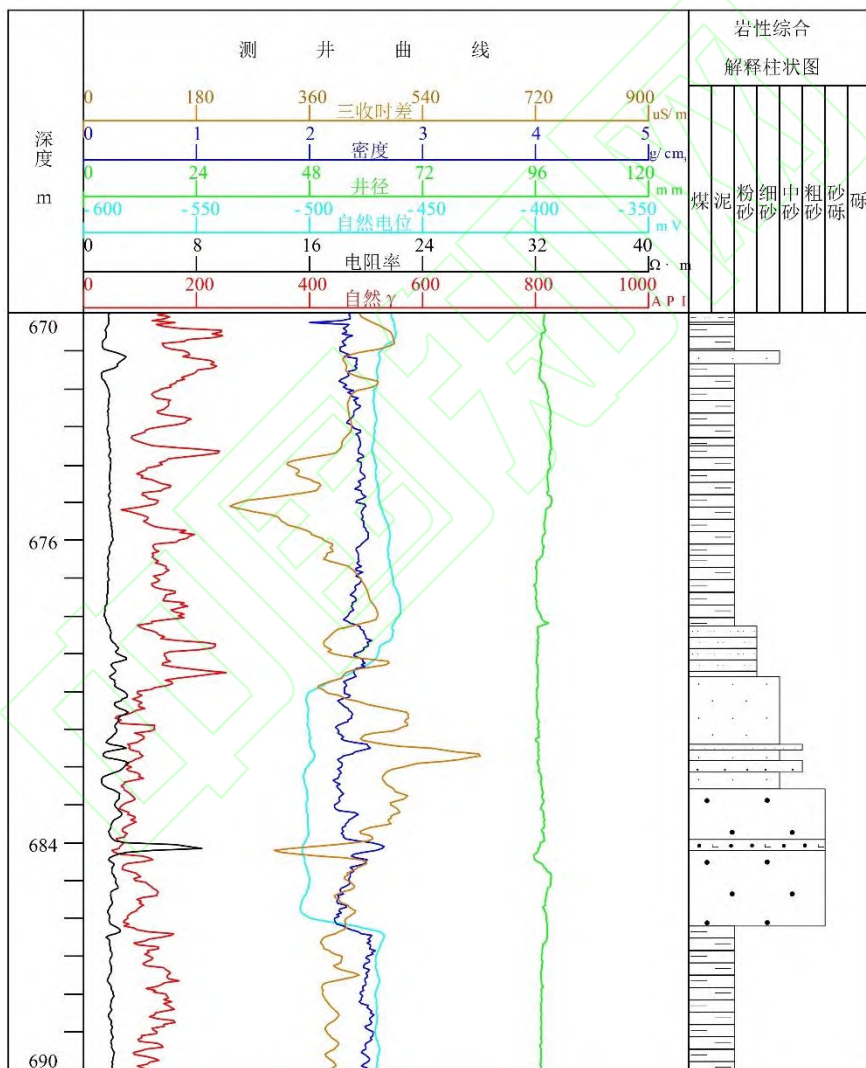


图 4 ZKC1-4 测井解释综合成果

Fig. 4 Log interpretation plot of ZKC1-4

3.2.2 视电阻率及自然电位曲线异常分析

车排子地区视电阻率曲线及自然电位曲线与已有认识存在不一致, 具体表现为在不同层位砂岩视电阻率特征响应出现差异, 既存在砂岩视电阻率高 (正常) 的现象, 也存在砂岩视电阻率低 (与

泥岩接近)的现象。砂岩自然电位响应特征在各层位亦有差异,部分层位呈现砂岩自然电位曲线向右偏转的正异常现象,由浅至深砂岩自然电位逐渐由正异常转变为负异常。

以车排子地区 ZKC2-6 (图 5) 为例,对浅部新近系上新统独山子组 (图 5a) 的测井响应特征分析:该层段以砂质泥岩为主,夹少量砂岩、砾岩;该层位视电阻率响应正常,其中泥岩呈现低阻值,砂岩呈现明显高阻值;该层位自然电位曲线显示砂岩出现显著正异常,表明独山子组地层水矿化度低于钻井液矿化度;结合钻探泥浆配制情况,推测泥浆材料或配制用水含盐量较高,导致渗透性砂岩自然电位出现正异常。

中新统塔西河组 (图 5b) 为一套湖相灰绿色泥岩、砂质泥岩夹砂岩沉积,该层位较稳定的“泥-砂-泥”结构下视电阻率响应正常,表现为泥岩低阻、砂岩高阻现象;而砂岩自然电位曲线随深度增加呈现为正异常向弱负异常转变,说明塔西河组地层水矿化度逐渐增高,且由小于钻井液矿化度向大于钻井液矿化度递变。

中新统沙湾组 (图 5c) 上部为褐红色泥质岩、砂质泥岩夹褐红色泥质粉砂岩、灰色细砂岩及含砾细砂岩,下部为灰色砂砾岩、含砾砂岩、中细砂岩夹灰色泥质岩,整体沙湾组下部目标砂体厚大且渗透性较好,为铀成矿有利层位^[22]。总体上沙湾组砂岩视电阻率高值特征响应不明显,其上部泥质砂岩、砂质泥岩及夹层细砂岩总体泥质含量较高,整体视电阻率偏低;下部以砂岩为主,其中钻孔揭露的沙湾组一段平均含砂率为 51.44%,但整体视电阻率偏低,除钙质砂岩及含油砂岩段表现为高阻值外,其余砂岩段视电阻率高值响应不明显。本次工作采取了 128 团地段沙湾组一段 3 砂组孔隙度及泥质含量样品 22 件,岩芯以石英为主,泥质含量平均值为 2.96%,孔隙度平均值为 18.27%,目的层砂岩固结疏松,孔隙度正常,泥质含量偏低,应表现为电阻率高值特征,考虑地层水矿化度高为导致砂岩视电阻率测井曲线响应不明显的主要影响因素;与独山子组和塔西河组不同,沙湾组砂岩自然电位曲线表现为明显负异常,可知沙湾组地层水矿化度高于钻井液矿化度,且该层位地层水矿化度明显高于独山子组及塔西河组。

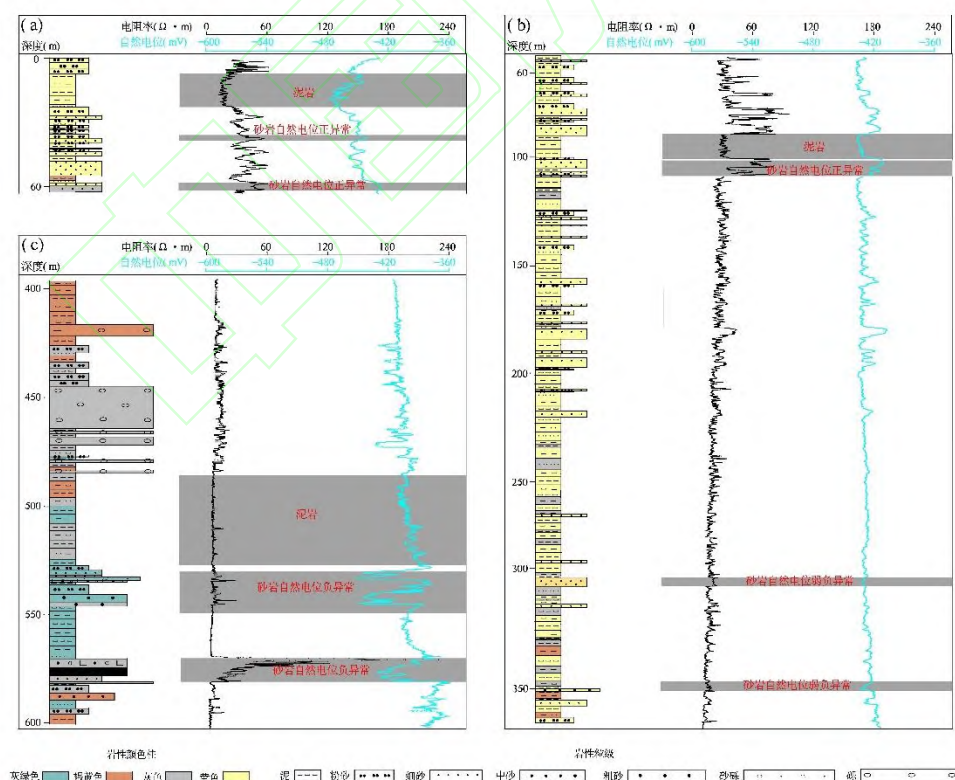


图 5 ZKC2-6 测井解释综合柱状图

Fig. 5 Log interpretation plot of ZKC2-6

车排子地区沙湾组地层水矿化度明显高于其他层系,且其地层水中 CaCl_2 含量最高^[23]。综合视电阻率及自然电位曲线的异常响应及样品分析结果,认为沙湾组地层水矿化度显著高于其他层位矿化度是影响自然电位及视电阻率曲线异常的主要因素。

车排子地区揭露地层由浅到深依次独山子组、塔西河组、沙湾组,砂岩段自然电位曲线由正异常逐渐变为负异常,单钻孔钻井液矿化度恒定,反应地层水矿化度逐渐增高;砂岩段视电阻率由独山子组、塔西河组的正常高值特征响应变为沙湾组的低值特征响应,主要由沙湾组高矿化度地层水导致。

沙湾组高矿化度 CaCl_2 型地层水表明该层位与外界交换少,受大气降水等影响较小,地层较封闭。理论上较封闭的地下水“补-径-排”体系不利于传统的层间氧化带型铀成矿,但车排子地区沙湾组较封闭的储层条件有利于油气成藏,进而有助于该地区油气还原成因的铀矿富集。事实上,研究区确为油气富集区,以轻质油气为主,局部见稠油,如图 5c 中沙湾组 1 段 3 砂组 555 m 黑色砂岩即为含油砂岩,且岩性圈闭更好的沙湾组 1 段 2 砂组和 1 砂组为研究区内最主要产油层位。因此,后期深部油气的向上运移为铀的还原富集成矿提供了有利条件。

4 结论

1) 车排子地区新近系塔西河组、沙湾组 1 段 3 砂组放射性本底值高,铀源条件良好,为铀矿找矿主要有利层位,白垩系吐谷鲁群次之;128 团地段铀富集程度高,为找矿最有利地段,其次自 128 团向西南延申至甘家湖地段的塔西河组、自 128 团向北延至塔岔口地段的沙湾组均具备一定铀矿找矿潜力。

2) 车排子地区独山子组、塔西河组、沙湾组砂岩自然电位曲线由正异常逐渐变为负异常,沙湾组砂岩视电阻率高值响应不明显,均指示沙湾组地层水矿化度异常偏高事实。高矿化度地层水反映较封闭地层,利于油气成藏,后期油气的运移为研究区内铀的还原富集成矿提供有利条件。

3) 地球物理测井在研究区应用效果良好,对区内铀矿找矿工作有一定指示意义。

参考文献:

- [1] 王殿学,余水泉,黄笑.我国 γ 测井技术发展的回顾与展望[J].铀矿地质,2023,39(1):124-132.
WANG Dianxue,YU Shuiquan,HUANG Xiao.Review and prospect of gamma logging technology in China[J].Uranium Geology,2023,39(1):124-132.
- [2] 李国栋.测井在地浸砂岩型铀矿勘查中的应用研究[D].西安:长安大学,2016:1-72.
- [3] 贺锋,何松,何中波,等.准噶尔盆地车排子凸起沙湾组沉积特征及砂岩型铀矿成矿前景[J].世界核地质科学,2021,38(4):414-423.
HE Feng,HE Song,HE Zhongbo,et al.Sedimentary characteristics and metallogenic prospect of sandstone type uranium deposit in Shawan Formation of Chepaizi uplift,Junggar Basin[J].World Nuclear Geoscience,2021,38(4):414-423.
- [4] 毛广振.准噶尔盆地西部车排子地区新近系沙湾组铀矿化特征、控矿因素及找矿方向[J].铀矿地质,2023,39(4):569-580.
MAO Guangzhen.Uranium mineralization characteristics,ore-controlling factors and prospecting direction of neogene Shawan Formation in Chepaizi area,western Junggar Basin[J].Uranium Geology,2023,39(4):569-580.
- [5] 胡志伟,张强,毛广振,等.准噶尔盆地南缘楼庄子地区头屯河组水文地质条件与铀成矿的关系[J].地质与勘探,2024,60(3):494-504.
HU Zhiwei,ZHANG Qiang,MAO Guangzhen,et al.The relationship between hydrogeological conditions and uranium mineralization of the Toutunhe Formation in the Louzhuangzi area,southern margin of Junggar Basin[J].Geology and Exploration,2024,60(3):494-504.
- [6] 赵卫军,支东明,徐群洲,等.车排子油田地下水特征及勘探领域[J].新疆石油地质,2009,30(2):219-220.
ZHAO Weijun,ZHI Dongming,XU Qunzhou,et al.Groundwater nature and exploration domain in Chepaizi field[J].Xinjiang Petroleum Geology,2009,30(2):219-220.

- [7] 占庆,郑庆伟,潘保芝.准噶尔盆地车排子地区地层水离子参数特征与油气藏的关系[J].世界地质,2015,34(2):524-530.
- ZHAN Qing,ZHENG Qingwei,PAN Baozhi.Relationship between water ion parameter characteristics and hydrocarbon reservoirs in Chepaizi area of Junggar Basin[J].World Geology,2015,34(2):524-530.
- [8] 李天宇,靳军,田英,等.准噶尔盆地西北缘地层水化学特征及与油气保存关系[J].石油实验地质,2020,42(6):972-980.
- LI Tianyu,JIN Jun,TIAN Ying,et al.Chemical characteristics of formation water and the relationship with oil and gas preservation on northwestern margin of Junggar Basin[J].Petroleum Geology & Experiment,2020,42(6):972-980.
- [9] 陈玉芳.准噶尔盆地车排子地区油气成藏规律研究[D].青岛:中国石油大学,2011.
- [10] 刘宽宏,长孙月雷,穆伟,等. γ 测井技术在准噶尔盆地铀矿勘查中的应用[J].铀矿冶,2022,41(3):202-208.
- LIU Kuanhong,ZHANGSUN Yuelel,MU Wei,et al.Application of γ logging technology in Uranium exploration in Junggar Basin[J].Uranium Mining and Metallurgy,2022,41(3):202-208.
- [11] 胡志伟,毛广振.准噶尔盆地西部车排子地区铀成矿水文地质条件[J].铀矿冶,2024,43(2):1-12+23.
- HU Zhiwei,MAO Guangzhen.Hydrogeological conditions of Uranium mineralization of Chepaizi area in western Junggar Basin[J].Uranium Mining and Metallurgy,2024,43(2):1-12+23.
- [12] 阿种明,伏多旺,王国荣,等.准噶尔盆地车排子地区铀控矿因素分析:以沙湾组一段 3 砂组为例[J].铀矿地质,2023,39(1):46-58.
- A Zhongming,FU Duowang,WANG Guorong,et al.Analysis on Uranium mineralization controlling factors of the third sandlayer in the first member of Shawan Formation in Chepaizi area,Junggar Basin[J].Uranium Geology,2023,39(1):46-58.
- [13] 时志浩,陈擎,叶雷刚,等.柴达木盆地西缘砂岩型铀矿目标层地球物理响应特征[J].地质与勘探,2022,58(2):258-273.
- SHI Zhihao,CHEN Qing,YE Leigang,et al.Geophysical response characteristics of the target layer of sandstone-type Uranium deposits in the western margin of Qaidam Basin[J].Geology and Exploration,2022,58(2):258-273.
- [14] 曹云,罗义,李政.伽玛测井在纳米比亚湖山铀矿勘查中的应用[J].四川地质学报,2018,38(3):518-522.
- CAO Yun,LUO Yi,LI Zheng.The application of gamma Logging to the exploration of the Husab Uranium deposit in Namibia[J].Acta Geologica Sichuan,2018,38(3):518-522.
- [15] 黄笑,杨亚新,王殿学,等.松辽盆地宝龙山地区钻孔 γ 照射量率分布特征[J].铀矿地质,2019,35(5):305-312.
- HUANG Xiao,YANG Yaxin,WANG Dianxue,et al.Distribution characteristics of gamma-ray exposure rate of boreholes in Baolongshan area of Songliao Basin[J].Uranium Geology,2019,35(5):305-312.
- [16] 伽玛测井规范:EJ/T 611—2005[S].北京:核工业标准化研究所,2005.
- [17] 陈霜.鄂尔多斯盆地东北部砂岩型铀矿地球物理测井参数特征和自然电位校正[J].铀矿地质,2024,40(5):964-973.
- CHEN Shuang.Geophysical logging parameter characteristics and spontaneous potential correction for sandstone type uranium deposits in the northeastern of Ordos Basin[J].Uranium Geology,2024,40(5):964-973.
- [18] 冯延强,刘富强,布和,等.恒流源三侧向电阻率测井模块研制及应用[J].世界核地质科学,2024,41(1):23-32.
- FENG Yanqiang,LIU Fuqiang,BU He,et al.Development and application of three lateral resistivity logging module with constant current source[J].World Nuclear Geoscience,2024,41(1):23-32.
- [19] 赵旭,时志浩,郝昭,等.柴达木盆地北缘砂岩型铀矿目标层地球物理特征与找矿预测[J].铀矿地质,2024,40(4):773-784.
- ZHAO Xu,SHI Zhihao,XI Zhao,et al.Geophysical characteristics of the target layer and exploration prospects for sandstone-type Uranium deposits in northern Qaidam Basin[J].Uranium Geology,2024,40(4):773-784.
- [20] 张伟,赵威,王若雯,等.拟声波测井曲线在砂岩型铀矿反演中的研究与应用[J].地质论评,2023,69(S1):313-315.
- ZHANG Wei,ZHAO Wei,WANG Ruowen,et al.Research and application of acoustic logging curve in sandstone-type uranium inversion[J].Geological Review,2023,69(S1):313-315.
- [21] 李强,郭福能,宁君,等.综合测井方法在二连盆地镶黄旗地区地浸砂岩型铀矿勘探中的应用[J].世界核地质科学,2016,33(3):167-171+177.

- LI Qiang, GUO Nengfu, NING Jun, et al. The application of comprehensive geophysical logging for in-situ leachable sandstone-type uranium deposit prospecting in the southeast edge of Erlian basin[J]. *World Nuclear Geoscience*, 2016, 33(3): 167-171+177.
- [22] 张曰静, 谢利华, 张卫平, 等. 准噶尔盆地车排子地区新近系沙湾组一段复合扇三角洲沉积及其控制因素[J/OL]. *沉积学报*, 1-22[2025-05-27]. <https://doi.org/10.14027/j.issn.1000-0550.2023.132>.
- ZHANG Yuejing, XIE Lihua, ZHANG Weiping, et al. Depositional characteristics from the complex fan delta of member 1 of the Neogene Shawan Formation in the Chepaizi area, Junggar Basin[J/OL]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1-22[2025-05-27]. <https://doi.org/10.14027/j.issn.1000-0550.2023.132>.
- [23] 徐正建, 刘洛夫, 吴康军, 等. 红车断裂带及其周缘地层水特征与油气的关系[J]. *新疆石油地质*, 2014, 35(4): 418-424
- XU Zhengjian, LIU Luofu, WU Kangjun, et al. The formation water characteristics and their relationship with hydrocarbon in Hongshanzui-Chepaizi Fault belt and Its surrounding areas, Junggar Basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2014, 35(4): 418-424.